

DWDM 기반의 차세대 광 인터넷 구조에 관한 연구

배정현[†] · 송현수[†] · 이재동^{**} · 김성운^{***}

요 약

인터넷 트래픽 양의 급격한 증가는 우수한 네트워킹 기술을 가지는 IP 프로토콜을 요구한다. 그러므로, 인터넷은 다양한 새로운 어플리케이션에 필수적으로 요구되는 QoS를 위해 최신행 서비스에서 차등화 서비스 프레임워크로 전개 되고 있다. 또한 QoS 기반의 높은 대역폭의 인터넷 요구는, 몇 년 내에 DWDM기반의 광 인터넷으로 전송망이 재편되리라 예상된다. 본 논문에서는 차세대 인터넷을 위한 DWDM 광 인터넷 망에 대한 QoS 제공 측면, 제어 프로토콜 측면, 백본망 구조 측면 및 교환기술 측면에 대해 효과적인 구현 방안을 제시한다.

A Study on Network Architecture for Next Generation Optical Internet based DWDM

Jung-Hyun Bae[†], Hyun-Soo Song[†], Jae-Dong Lee^{**} and Sung-Un Kim^{***}

ABSTRACT

Rapidly increasing Internet traffic demands require IP protocol based on high quality networking technology. Accordingly, our Internet has evolved from best effort service toward differentiated service framework so as to implement QoS as prerequisite to a series of new applications. In addition, it is forecasted that existing transport network will be reorganized into DWDM-based optical Internet sooner or later under the influence of Internet demands for higher bandwidth based on QoS. This study shows a way to an effective implementation in some aspects: QoS implementation on DWDM based optical Internet network, control protocol, backbone network architecture and switching technology for the Next Generation Internet (NGI).

Key words: DWDM, optical network, QoS, GMPLS

1. 서 론

통신기술의 비약적인 발전과 웹(World Wide Web)의 확산에 따라 인터넷 사용자 수와 트래픽이 해마다 폭발적으로 증가함으로써 인터넷이 정보 핵심 인프라가 되고 있다. 이러한 추세에 따라 인터넷을 이용한 서비스도 단순 텍스트나 이미지 파일에서 멀티미디어 정보 전달로 변화되고 있으며, 요구하는 서비스 품질도 다양해지고 있다. 그러나, 현재의 인터넷 망은 서비

스 성능 측면이나, 이동성, 라우팅 속도 등의 기능적 측면에서 인터넷 환경의 요구조건을 만족 시키지 못하는 문제를 내포하고 있다.

이는 단지 H/W 적으로 시스템을 대형화하는 방식만으로는 문제 해결이 어렵다. 따라서, 새로운 설계 개념에 입각한 기술 혁신이 있어야 하며, 이것이 광전송 기술을 기반으로 하는 광 인터넷이다.

즉, 스위칭 장치의 고성능화와 더불어 진행되어야 할 것이 전송체계의 광대역화로써, 이를 위해서는 물리적인 광케이블의 포설과 함께 광섬유에 보다 많은 광신호를 실어보내는 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기술의 적용이 요구되고, 결과적으로 DWDM 광 네트워크 기반의 차세대 인터넷으로 발전하고 있다[1].

본 연구는 부경대학교 기성회 연구년 지원(2000.8 2001.7) 과제에 대한 연구결과의 일부임.

접수일 : 2002년 11월 8일, 완료일 : 2002년 12월 23일

[†] 준회원, 부경대학교 정보통신공학과 석사과정

^{**} 정회원, 경남정보대학 인터넷응용계열 조교수

^{***} 종신회원, 부경대학교 정보통신공학과 부교수

본 논문에서는 DWDM기반의 차세대 광 인터넷 구현에 있어서 핵심적인 구성 요소인 QoS(Quality of Service) 제공 방안과 망 제어 구조를 분석하고 이를 고려한 광 인터넷 망의 진화 방안을 제시한다. 이를 위해, 2장에서 현재 인터넷의 문제점 및 인터넷 트래픽에 대한 전망을 분석하고 차세대 인터넷의 필요성에 대해 기술한다. 그리고 3장에서는 차세대 인터넷으로 고려되는 광 인터넷의 발전 동향과 구축 시 고려해야 할 사항에 대해 기술한다. 이와 같은 고려 사항을 바탕으로 4장에서 차세대 광 인터넷에서의 QoS 제공 방법에 대해 기술하고, 5장에서는 제어 프로토콜 측면, 백본망 구조 및 교환 기술 측면에 따른 광 인터넷 망의 진화 방향에 대해 기술한다. 그리고 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. 인터넷 트래픽 전망과 문제점 분석

2.1 차세대 인터넷 트래픽 전망

현재 전 세계적으로 인터넷의 트래픽과 사용자수는 폭발적으로 증가하고 있으며 이러한 추세는 앞으로 더욱 심화될 전망이다. 더욱이 다양한 멀티미디어 응용 기술의 발전과 고속 가입자 액세스 망의 빠른 보급률이 이를 더욱 가속화하고 있음에 따라, 2003년에는 35 Tbps 정도의 증가된 대역폭을 필요로 하게 된다[2,3].

유선 네트워크와 더불어 초기화 단계인 무선 인터넷도 인터넷의 트래픽 증가에 기여하게 될 또 하나의 요인이다. 앞으로 IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000) 서비스가 시작되면 우리는 최대 2Mbps의 데이터를 이동 중에도 교환할 수 있다. 더불어 전자 장치들이 디지털화 되어지고, 이들이 유무선 네트워크를 통해 인터넷에 연결되어지면 더 많은 인터넷 트래픽이 발생하게 될 것이다.

따라서 위와 같은 여러 가지 측면의 환경 변화는 인터넷에 새로운 트래픽을 추가하게 될 것이며, 그림 1처럼 많은 응용들이 네트워크를 통해 상호 대화적으로 이루어짐으로써 빠른 시간에 많은 서비스들이 사용자에게 제공되어 질 수 있다.

2.2 기존 인터넷 문제점과 차세대 인터넷의 필요성

앞 절의 분석에 의하면, 다양한 인터넷 트래픽이 신뢰성 있는 전송을 요구하며 급증하고 있다. 그러나 이

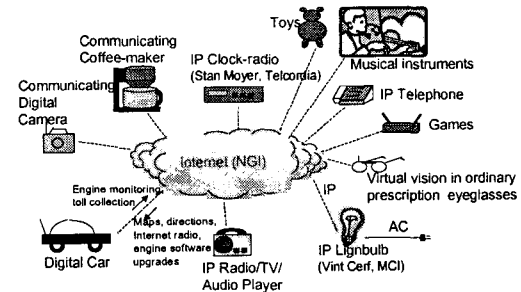


그림 1. 차세대 인터넷 서비스 개념도

를 보장하기 위한 현재의 인터넷 환경은 한계에 부딪히고 있으며, 다음과 같이 크게 세 가지 측면에서 분석할 수 있다.

가. 전송 망 측면

기존의 인터넷이 가지고 있는 가장 큰 문제점은 낮은 망 대역폭과 느린 전송 속도에 있다. 현재 인터넷 백본망 구축 기술은 IP(Internet Protocol)/ATM (Asynchronous Transfer Mode) over SONET (Synchronous Optical Network) 구조가 대부분으로, ATM은 데이터, 음성, 비디오 등의 다양한 서비스들을 통합할 수 있는 장점을 내세워 통합 망 기술로 발전할 수 있었다. 그러나 트래픽의 증가량 측면에서 고려할 때, IP over ATM 기술은 확장성이 떨어지고, cell 오버헤드와 SVC(Switched Virtual Circuit) 셋업 시간으로 인한 막대한 데이터 손실을 야기한다[4]. 또한 TCP(Transmission Control Protocol) 프로토콜의 재전송 메커니즘도 데이터 증가에 영향을 끼쳐 라우터에서의 패킷 전달 지연 및 손실을 초래함으로써 망의 상황을 더 악화시킨다.

나. QoS 제공 측면

인터넷의 상업화와 전 세계적인 웹의 확산은 기존의 최선형 인터넷 서비스에서 멀티미디어를 활용한 새로운 서비스 형태로 바꾸고 있으며, 이에 따라 사용자의 서비스 요구도 다양해지고 있다. 그러나 기존의 인터넷은 망 차원에서 트래픽 엔지니어링 기능이 제공되지 않으므로 망 상태를 제어할 수가 없다. 특히 영상회의, 주문형 비디오 등의 실시간 응용에서는 서비스 품질을 완전히 망 상황에 맡겨야 하므로 서비스의 균일성을 유지할 수 없게 되므로 이러한 IP 방식의 문제점을 해결하기 위해 등장한 개념이 QoS 보장 서비

스이다.

현재 IETF(Internet Engineering Task Force)는 다양한 QoS 제공 서비스 모델과 메커니즘을 제안하고 있으며, 이 중 통합 서비스 모델, 차등화 서비스 모델, MPLS(Multi-Protocol Label Switching), 트래픽 엔지니어링, Constraint Based Routing 등에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[5,6].

다. 국가 정책 측면

이미 전 세계적으로 강력한 통신망인 인터넷의 주도권 확보는 곧 국가 경쟁력과 직결된다.[7] 그러나 막대한 비용과 장기간 투자가 필요한 차세대 인터넷은 민간이나 산업계에서 책임지고 수행하기에는 무리가 있다. 따라서 정부는 향후 인터넷을 발전시키기 위한 새로운 환경 조성을 요구하게 되었으며, 이러한 요구는 자연스럽게 차세대 인터넷의 개발을 이끌어 냈다.

앞에서 제시된 기존 인터넷의 문제점들을 극복하기 위해서 차세대 인터넷은 그림 2와 같이 초고속 대용량의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 고도화된 인터넷 기반 망의 구축과 운용 및 서비스 보장에 필요한 핵심 기술을 제공해야 한다. 따라서 QoS와 망의 확장성을 보장하며 고속 전송 링크를 지원하는 DWDM 기술과 광대역성, 무간섭성, 병렬성 등의 특성을 이용한 광통신 기술을 결합한 광 인터넷은 현재 인터넷의 문제점을 획기적으로 개선하여 차세대 인터넷을 구현하는 최적의 해결책이다.

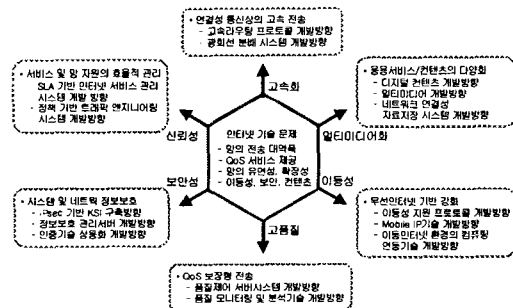


그림 2. 차세대 인터넷의 필요성 및 특징

3. 차세대 인터넷을 위한 광 인터넷 모델

3.1 광 인터넷 기반의 차세대 인터넷

광전송 기술은 1980년대부터 망의 대역폭을 확충하는데 중요한 역할을 해 왔다. 특히 1980년대 후반부터

개발된 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 기술은 광링크의 가용 대역을 획기적으로 증대 시켰으며, 여기서 더 진보된 DWDM 기술을 이용하게 되면 하나의 광파이버를 통해 수백 Gbps를 쉽게 지원할 수 있다. 더욱이 DWDM은 일종의 FDM(Frequency Division Multiplexing)방식이기 때문에 광대역을 소규모 단위로 분할하여 사용할 수 있고, 여러 독립적인 신호들을 통합 수용한다. 이와 함께 광소자 기술의 발전으로 ADM(Add-Drop Multiplexer)이나 OXC (Optical Cross Connector)와 같은 첨단 DWDM 시스템 구현이 가능해지고 있으며, 이러한 시스템은 과장별로 라우팅 처리가 가능하므로 통신망의 성능을 대폭 향상시킬 수 있다. 또한 DWDM은 과장 라우팅을 이용하여 광 물리 계층 위에 IP 라우터나 ATM 스위치로 이루어지는 가상 상위계층을 형성할 수 있기 때문에 IP나 ATM에서의 처리 능력과 광링크의 전달 능력 사이에 격차를 해소시킴으로써, 기존 인터넷에서 불가능하던 트래픽 엔지니어링 기능 구현이 용이해진다[8,9].

이에 따라 그림 3에서 보듯이, 기존의 인터넷 망은 중심에 IP, ATM, PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy), SDH(Synchronous Digital Hierarchy)등이 개별적으로 운영되고 있으나, 앞으로의 광 인터넷 망은 WDM 망이 이 역할을 담당하고 기존 망들은 주변의 액세스 망 역할을 수행하는 IP over DWDM 형태로 발전된다.

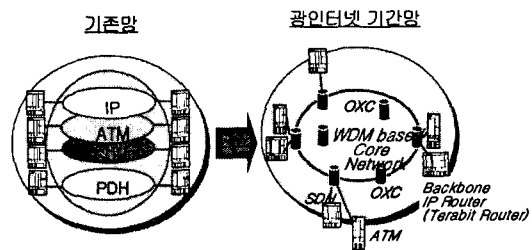


그림 3. 인터넷 백본망의 변화

3.2 광 인터넷 구축을 위한 고려사항

광 인터넷 구축과 관련하여 고려해야 할 여러 가지 기술적 이슈가 존재하며, 이를 트래픽 측면과 QoS 제공 측면 및 망 운용성 측면에서 분석한다.

가. 인터넷 트래픽 측면

네트워크 구축 및 설계 시 수용 가능한 트래픽 양은 매우 중요한 핵심으로, 최근 연구 결과에 의하면 인터

넷 트래픽은 버스트한 트래픽을 다중화 할수록 버스트 현상이 증폭되는 self-similar 특성을 지닌 것으로 알려져 있다[10]. 그러나 이를 보상하기 위한 대용량 버퍼 설계는 망의 심각한 지연을 야기하고, 대규모의 광 버퍼를 구현하는 것도 현재까지 기술로는 거의 불가능한 상황이다. 따라서 self-similar 트래픽에 대처하기 위한 현실적인 접근 방식으로는 입구 노드에서 트래픽 셰이핑을 하거나 전송 링크의 속도를 높이는 방안이 있다. 즉, 트래픽 증가와 self-similar한 트래픽 특성을 고려할 때, DWDM 기반의 광대역 망과 신속한 트래픽 처리능력은 차세대 인터넷에 필수적이다.

나. QoS 제공 측면

광 인터넷 망은 DWDM망을 중심으로 기존 망들이 주변의 액세스 망 역할을 수행함에 따라, 액세스 망으로 사용되는 IP 망의 QoS 최적화와 코어로 사용되는 DWDM 망의 QoS 모델을 고려해야 한다. 즉, QoS 모델은 IP 플로우 집합의 가변 크기로 발생하는 확장성에 관한 문제와 코어망 내 에지 라우터에서 과중한 트래픽의 QoS 처리를 효율적으로 하기 위한 QoS 인터페이스가 요구되어진다. 따라서 이와 같은 고려 사항을 바탕으로 새로운 IP over DWDM 망에 적용 가능한 새로운 QoS 제공 모델이 필요하다.

다. 망 운용성 측면

광 인터넷은 엄청난 양의 트래픽을 전송함에 따라 망의 장애에 따른 성능 모니터링 및 보호 복구 기능을 수행할 수 있는 공통적인 제어 프로토콜이 DWDM망과 IP망간에 필요하다. 즉, IP와 광 채널 계층별 보호 복구 기능의 할당 및 이들 간의 연동 기술이 인터넷 인프라로서의 광 인터넷 망에서 중요한 기술적 과제가 되고 있다.

더불어 광노드 구조 및 광 인터넷 제어 프로토콜에 많은 영향을 미치는 교환 기술도 광 인터넷 구축에 필수적이다. 이는 구현의 용이성과 자원의 활용성 및 트래픽 변화에 따른 망의 적응성 측면에서 고려되어야 하며, RWA(Routing and Wavelength Assignment), MPλS(Multi-Protocol Lambda Switching), OBS(Optical Burst Switching), OPS(Optical Packet Switching) 방식 등이 있다. 따라서 IP over DWDM 형태의 망으로 진화하기까지 ATM이나 SONET 등의 기존 기술들을 바탕으로 제어 프로토콜과 교환 기술들을 활용한 망의 진화 단계 제시가 필요하다.

4. 차세대 광 인터넷 QoS 모델 제안

QoS 서비스 제공 문제는 차세대 인터넷을 구현하는데 있어 매우 중요한 요소이다. 따라서 차세대 광 인터넷의 QoS 제공 방안을 액세스 망인 IP 망과 백본망인 DWDM 망을 개별적으로 고려한 후, 광 인터넷 망에 적합한 QoS 제공 모델을 제안한다.

4.1 IP 액세스 망의 QoS 제공 모델

IP망에서 QoS를 지원하기 위한 서비스 모델에 대한 연구가 최근 수년간 IETF에서 수행되어 왔으며, 여기서 개발된 통합 서비스 모델(IntServ: Integrated Service)[11]은 개별적인 패킷 흐름을 제어하기 위해 경로상의 모든 라우터가 상태 정보를 지녀야 하므로 망의 확장성에 따른 어려움이 존재한다. 이에 따라 통합 서비스 모델의 한계를 극복하고 인터넷 망에 적용하기 위한 서비스 모델로서, 현재 활발히 논의되고 있는 차등화 서비스 모델(DiffServ: Differentiated Service)[12]을 IP 망의 QoS 제공을 위해 사용한다.

차등화 서비스 모델은 IPv4(Internet Protocol version 4)의 우선 순위 표시 서비스를 개선한 것으로, 흐름들의 집합(aggregation) 단위로 다양한 서비스 품질 제공을 기본 바탕으로 하고 있다. 이를 위해 차등화 서비스에서는 특정 서비스 품질에 의해 요구될 수 있는 종단간 서비스의 집합인 PHB(Per-Hop Behavior)를 미리 정의하고 서비스 클래스에 따라 적절한 QoS를 제공해준다. 그림 4는 차등화 서비스 망에서 라우터가 수행하는 트래픽 조절 기능의 개념적인 구조이다.

라우터는 동일한 DSCP(Differentiated Service Code Point) 값을 가지는 패킷들의 집합에 대해 트래픽 조절 기능을 수행하며, 이 기능은 classifier, meter, marker, shaper 및 dropper에 의해 이루어진다.

각 분류되는 서비스를 살펴보면, 먼저 Premium 서비스(class 1)는 EF(Expedited Forwarding) PHB를

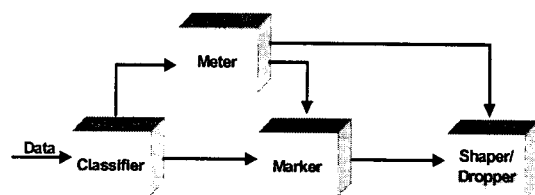


그림 4. 차등화 서비스의 트래픽 조절 기능 구성도

이용하여 적은 손실과 지연 및 최대 전송률을 요구하는 실시간 QoS를 보장해 준다. 또한 협상을 초과해서 들어오는 EF 트래픽에 대해서는 폐기나 PQ(Priority Queuing) 혹은 WFQ(Weighted Fair Queuing) 등의 스케줄링을 통해 엄격한 서비스를 제공한다.

다음으로 Assured 서비스(class 2)는 망의 혼잡 상황에서도 트래픽의 최소 전송 속도를 보장하는 AF(Assured Forwarding) PHB를 이용한다. 이러한 AF PHB는 패킷 손실, 지연 및 지터 등으로 4개의 클래스를 구분하고 각 클래스에 정의된 트래픽 속도의 초과 여부에 따라 3가지 폐기 우선 순위 나누어, 혼잡 발생 시에도 우선 순위가 낮은 트래픽에 대해서는 어느 정도의 신뢰성 있는 서비스를 제공한다.

마지막으로 특정 서비스를 요구하지 않는 Best effort 서비스(class 3)에 대해서는 Default PHB를 지원하고 다른 PHB의 출력 링크의 요구가 없을 때 서비스 해주는 것을 원칙으로 한다.

이와 같이 차등화 서비스는 패킷을 미리 계약된 서비스에 맞추어 처리하기 때문에 흐름별로 상태 정보를 유지할 필요가 없으며, 서비스 분류 개념은 차후에 논의되는 광 인터넷 백본인 DWDM망의 QoS 서비스 모델과의 결합을 위해 유용하게 사용된다.

4.2 DWDM 광 백본망의 QoS 제공 모델

가. QoS 성능 측정 파라미터

DWDM 망에서는 광경로가 파장 단위로 할당되기 때문에 IP 망에서의 QoS 제공 방식과는 차이가 있다. 따라서 광신호가 광경로를 통해 전송될 때 신호의 품질과 관련하여 보장되어야 할 QoS 파라미터는 다음과 같다.

투명성 정도 : 설정될 경로의 투명성의 정도를 결정하는 것으로, 완전한 투명성을 제공하는 경우에는 입력되는 클라이언트 신호의 포맷 및 전송률에 상관없이 정보를 전송할 수 있다.

보호/복구 레벨 : 광선로 절단, 파장 실패 등의 fault나 외부로부터의 attack에 대해서 투명한 광경로를 제공한다.

BER(Bit Error Rate)와 S/N(Signal to Noise)비: 이 파라미터들은 지터와 혼선 및 ASE(Amplified Spontaneous Emission)에 의해 영향을 받고, 사용자 응용에 따라 다양한 범위의 값이 요구되어 진다.

중단간 지연 : 이 파라미터 역시 응용에 따라 다양한

값을 가지며, 화상회의와 같은 실시간 응용은 데이터 서비스보다 지연에 매우 민감하다.

모니터링 : 망의 사용 가능성을 나타내는 파라미터로서, 파장과 파이버 성능을 측정하는 Intrusive 모니터링과 OCh(Optical Channel section) 계층이 OMS(Optical Multiplexing section)계층에 의해 제공되는 오버헤드 처리할 때 수행되는 Inherent 모니터링 및 실제 정보의 청취와 오버헤드에 의해 연결 상황을 알려주는 Non-intrusive 모니터링 등이 있다.

나. QoS 보장을 위한 관리기법

광 백본망에서는 QoS 성능 파라미터를 보장하기 위해, OCh와 OMS 및 OTS(Optical Transmission section) 계층별로 다양한 관리 기능을 수행한다.

즉, 각 계층에 대해 trail의 전송 성능을 감시하는 termination 기능과 클라이언트 신호를 적절한 형태로 adaptation하는 기능으로 나누어, OCh/Client adaptation(OCh_A), OCh termination(OCh_T), OMS/OCh adaptation(OMS_A), OMS termination (OMS_T), OTS/OMS adaptation(OTS_A) 및 OTS termination(OTS_T)등의 6가지 기능 블록을 제공한다.

이에 대한 블록 다이어그램은 그림 5와 같으며, 광교환 시스템에는 광경로의 교환을 수행하는 CO(Connection) 및 광신호를 태핑시키는 NM(Non-intrusive Monitor) 기능이 부가되어 있다.

6가지 기능 블록에서 DWDM 광 백본망의 QoS 보장을 위한 관리 기술은 다음과 같다.

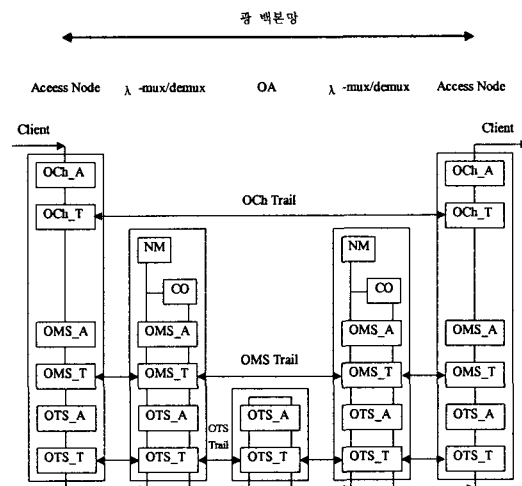


그림 5. DWDM 광 백본망의 기능 블록 다이어그램

먼저, adaptation 기능은 입력되는 신호를 적절한 형태로 변환하는데, 성공적인 수행 여부는 수신측에서 감시함으로써 adaptation 기능 관리가 이루어진다. OCh_A는 송수신측에서 클라이언트 신호와 광경로 간에 adaptation 시키는 기능을 수행하는데, 이러한 기능은 수신측에서 클라이언트 신호의 QoS를 감시함으로써 관리된다. OMS_A는 주로 송수신측에서 파장의 다중화와 역다중화 기능을 수행하는데, 이 계층의 QoS는 수신되는 파장 수를 감시함으로써 보장된다. 즉, 광신호의 다중화가 정교하게 이루어지지 않으면, 수신측의 λ-demux 용량을 넘어서 광신호의 전력이 감소되는 광신호의 손실로 간주한다. OTS_A와 관련해서는 특별한 관리 기능을 수행하지 않는다.

다음으로 Termination 기능의 관리는 각 trail의 QoS를 감시함으로써 이루어진다. OCh_T는 송수신측에서 OCh trail의 무결성을 보장하기 위한 overhead를 삽입하고 수신측에서 광 경로의 가장 핵심적 QoS 파라미터인 BER을 감시함으로써 수행된다. OMS_T도 OMS trail의 무결성을 보장하기 위해 동일한 방식으로 삽입하고 OMS trail의 failure 발생 유무를 감시하면서 관리한다. OTS_T는 송수신측에서 OMS trail의 무결성을 보장하기 위한 overhead를 삽입과 함께 총 출력 신호 전력을 감시하고 수신측에서 총 입력 신호 전력을 감시함으로써 관리가 이루어진다.

4.3 차세대 광 인터넷 망의 QoS 제공 모델

광 인터넷 망의 QoS 제공을 위한 모델은, 그림 6과 같이 DWDM망이 코어에 위치하고, 액세스 망에는 차등화 서비스 모델을 적용한 IP 망의 구조를 가진다. 따라서 종단간 QoS 서비스를 제공하기 위해서는 액세스 망과 코어망 간에 QoS 서비스 맵핑이 요구되어지며, 이에 대한 방안은 다음과 같다.

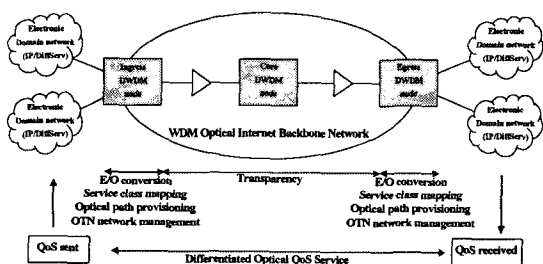


그림 6. QoS 제공을 위한 차세대 광 인터넷 망 구조

차등화 서비스 기반의 IP 망은 동일한 QoS를 가지는 플로우들을 묶어 망의 복잡도를 줄이고, 에지 라우터에서 서비스 클래스가 요구하는 특성을 고려하여 플로우군을 직접 광 채널로 매핑한다. 이 때 광경로는 DWDM 광 백본망에서 QoS를 위해 제공되는 파라미터(투명성, BER, S/N, 지연시간, 보호/복구, 모니터링) 등에 의해 명세되고, 이와 같은 측정은 광경로를 IP QoS와 동등한 클래스로 분류하기 위해서 사용된다.

그림 7은 실제 차등화 서비스 플로우가 광 채널에 맵핑되는 과정을 도식적으로 나타낸 그림으로, IP 응용들은 ITU-T의 G.872에서 표준화 된 OCh, OMS, OTS 계층을 통하여 광 백본망에서 투명하게 전송된다. 이 때, 제공되는 GMPLS(Generalized MPLS) 제어 프로토콜은 레이블을 이용하여 패킷의 클래스 식별 과정을 단순하게 하고 특정 패킷에 대해 명시적 경로의 정보를 내포함으로써, QoS 제공과 트래픽 분산 기능을 더욱 용이하게 수행할 수 있도록 해주는 것으로 이는 다음 장에서 논의한다.

광경로 설정시 협상되어지는 서비스 클래스를 분류한 모델은 표 1과 같다. 이 서비스 모델은 차등화 서비스 기반인 IP망의 3가지 서비스 클래스 내에서 호 설정시 협상되어지는 QoS 파라미터들의 상대성에 따라 세부 등급으로 나누어 분류한다.

분류 파라미터에는 Ingress/Egress 인터페이스를 나타내는 scope, DiffServ 정보, 근원지 정보, 목적지 정보에 따라 IP를 분류하는 flow descriptor, 분류된 IP 트래픽의 특성을 기술하는 traffic descriptor, 프로파일 초과시의 트래픽 처리를 기술하는 excess treatment 및 서비스 보장 파라미터(지연, 지터, 처리율, 패킷 손실률)를 기술한 performance parameters가 있다[13]. 또한 광 백본망의 시스템 성능을 측정하는 BER과 Q factor, 전자 SNR(eI.SNR) 및 광 SNR

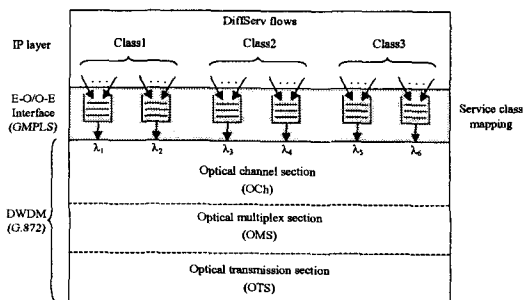


그림 7. 차등화 서비스 플로우와 광 채널의 맵핑 과정

표 1. 차등화 광 인터넷 서비스 클래스

Classification criteria	Class 1		Class 2				Class 3
	Premium service Expedited Forwarding (EF) PHB	Bandwidth pipe for data service	Assured service Assured Forwarding (AF) PHB				Best Effort (BE) service Default PHB
Scope	(111)	(11)	(111)	(11) or (11N)	(N1) or (all1)	All	
Flow descriptor	EF, S-D IP-A	EF, S-D IP-A	AF1x	MBI		AF1x	None
Traffic descriptor	(b,r), r=1	NA	(b,r)	(b,r) r indicates a maximum CIR		(b,r)	NA, the full link capacity is allowed
Excess treatment	Dropping	NA	Remark	Remark		Dropping	NA
Performance parameters	D=30 I=5 q=10E-3 L=0 (R=1)	R=1	R=r	Gold	Silver	Bronze	NA
BER (Q)	10 ⁻¹² (7)		10 ⁻⁷ (6) ~ 10 ⁻⁷ (5.1)				10 ⁻⁴ (4.2)
el SNR	16.9 dB		15.5 dB ~ 14.2 dB				12.5 dB
OSNR (L=10GHz)	19.5 dB		18.2 dB ~ 16.8 dB				15.1 dB
GMPLS Exp field	111	110	101	011	010	001	100
Resource allocation	Pre-specified percentage (10%) for this service (C band 1530nm ~ 1565nm)		Pre-specified percentage (30%) for this service (L band 1565nm ~ 1625nm)				Best use of the remaining bandwidth (L band 1565nm ~ 1625nm)
Recovery scheme	Local protection/backup z-1:SP		z-1:SP restoration				Restoration at IP level
Recovery time	<50msec (Detection time <100msec)		50 ~ 100msec (Detection time 0 100msec ~100msec)				1 ~ 100 sec (Detection time 100msec ~ 180sec)

(OSNR)의 상관관계는 식(1), 식(2), 식(3)으로부터 구해진다[14].

$$BER(Q) \approx (1/\sqrt{2\pi}) \cdot (\exp(-Q^2/2)/Q) \quad (1)$$

$$el SNR = 10 \log Q^2 \quad (2)$$

$$OSNR_{\text{allow}} = \frac{(1+r) \cdot (1+\sqrt{r})^2}{(1-r)^2} \cdot \frac{Be}{Bd} \cdot Q^2 \quad (3)$$

r = 0.15 (extinction ratio of the transmitted optical signal)
 Be = 0.75 × fo (effective electrical noise bandwidth due to bit rate fo)
 Bd = 12.6GHz or 0.1nm (optical bandwidth for OSNR measurement)

이때 낮은 quality 서비스를 고성능의 광 채널에 맵핑하는 것은 가능하지만 반대 경우는 불가능하며, 완전한 QoS 서비스 제공을 위해 DWDM 망의 특성 파라미터들이 더 세분화되어 연구되어야 한다.

5. DWDM 기반의 차세대 광 인터넷 구조 제안

차세대 인터넷은 IP over DWDM 형태로 발전되고 있으며, 제어 프로토콜과 교환기술은 광 인터넷을 구현하는데 있어 매우 중요한 요소이다. 따라서 본 장에서는 광 인터넷 망의 제어 프로토콜 측면, 백본망 구조 측면 및 교환 기술 측면에서 효과적인 구현 방안을 제시한다.

5.1 광 인터넷 망을 위한 제어 프로토콜

광 인터넷은 망의 장애에 따른 막대한 양의 트래픽 손실을 방지하기 위해서 성능 모니터링과 보호 복구를

수행하는 OAM(Operation, Administration and Maintenance) 지원 및 SLA(Service Level Agreement)에 의한 동적인 광 가상 환경 설정 등을 수행할 수 있는 새로운 형태의 제어 프로토콜이 필요하다. 따라서 IP over DWDM 망에서 이와 같은 기능들을 수행하면서 공통적으로 사용될 수 있는 제어 프로토콜로서 GMPLS[15,16]를 제안한다.

차세대 광 인터넷 백본망의 제어 프로토콜로 사용하는 GMPLS는 MPLS를 일반화하여, 광 백본망 내에서 파장을 교환하여 라우팅이 가능하도록 확장한 MPLS에 시분할(예, SDH, ATM)과 공간 스위칭(예, 포트 혹은 파이버간)에서도 적용이 가능하도록 확장한 기술이다. 그림 8은 GMPLS의 전달 계층 구조를 나타내며, 동종 뿐만 아니라 이종의 인터페이스 간에서도 λ-LSP(Lambda Label Switched Path)의 계층 관계를 가질 수 있게 된다.

이렇게 GMPLS는 복합적으로 구성된 망 환경에서 공통의 제어 평면으로서, 망 자원을 동적으로 예약하고 트래픽 엔지니어링과 절제, 보호, 복구 등의 기능까지 포괄하여 수행하며 중간 계층 및 중간 장비 없이 IP를 광으로 전송하기 때문에 광 인터넷 망의 복잡도와 비용을 경감시키고 신뢰성 있는 전송을 지원한다.

GMPLS 제어 프로토콜을 좀 더 구체적으로 살펴보면, 그림 9와 같은 역할을 수행한다.

ISP(Internet Service Provider)와 policy server 간에 협상된 SLA를 Policy agent가 GMPLS signaling agent에게 파라미터를 전달하여 λ-LSP 설정을 요구하면, GMPLS signaling agent는 routing agent에게 QoS 보장 경로를 계산하게 한다. 이 때 CR-LDP(Constraint based Routing Label Distribution Protocol) extensions 혹은 RSVP-TE(Resource Reservation Protocol Traffic Engineering) extensions 시그널링 프로토콜을 사용하여 λ-LSP를 설정하는데, 경로 상의 모든 노드에서 서비스 클래스의 QoS

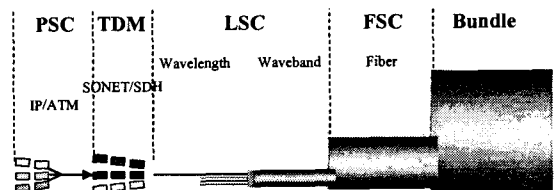


그림 8. GMPLS 전달 계층 구조

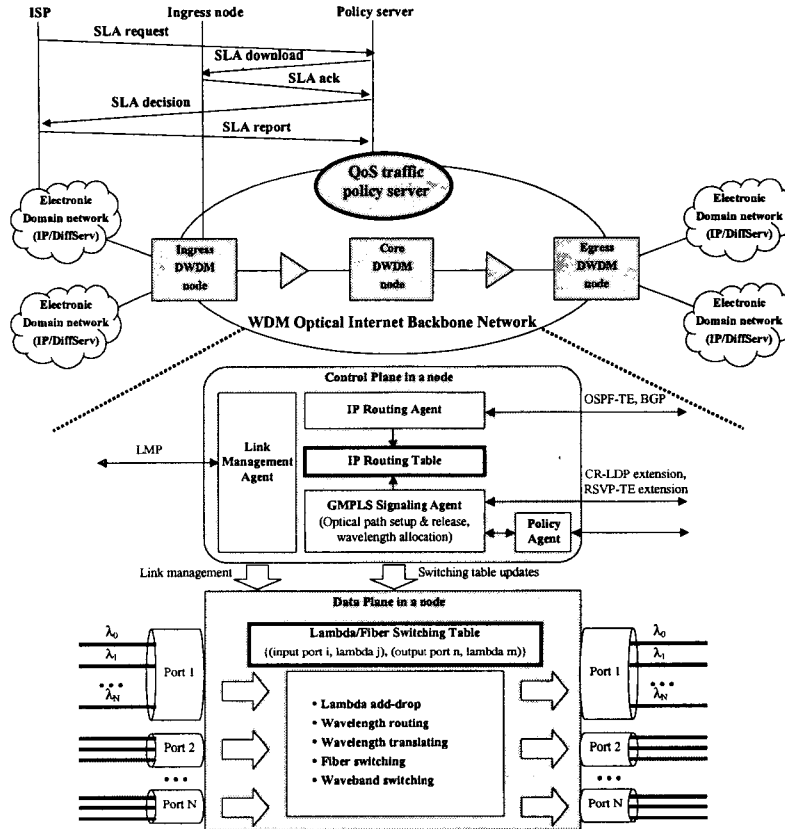


그림 9. DWDM 노드 내 GMPLS 기능

파라미터를 만족하면, Egress 노드까지의 자원이 예약된다. 그리고 광 백본망에서 데이터 전송은 Lambda/Fiber Switching Table을 참고하여, 레이블(파장)을 교환하여 포워딩만 수행한다. 여기서 Policy server는 각 광경로의 성능을 항상 감시하기 때문에 동적인 SLA 관리 기능에 의한 광 백본망의 변화에 대해 사용자측의 변화를 최소화시키고, LMP(Link Management Protocol) 프로토콜은 광 백본망의 제어 채널과 데이터 채널의 광신호를 감시하고 관리하여 λ -LSP의 문제들을 빠르게 발견하고 복구하게 한다.

5.2 광 인터넷 백본망 구축 단계

현재의 인터넷 백본망들은 ATM과 SONET을 기반으로 하는 기술들이 많이 사용되고 있으나, 이는 확장성이 떨어지고 DWDM 망에서 광전 변환 속도 저하로 인해 망 대역폭을 효과적으로 사용하기 어렵다. 따라서 각 방식의 장단점을 분석하고 앞 절에서 살펴본 제어 프로토콜을 기반으로 그림 10과 같이 효율적인 광

IP/GMPLS		
ATM	IP/GMPLS	
SONET/SDH		IP/GMPLS
Service mapping & E-O/O-E interface layer		
Optical Channel Section		D
Optical Multiplex Section		W
Optical Transmission Section		D
		M

그림 10. 광 인터넷 백본망 프로토콜 스택의 진화 방안

인터넷 백본망 구축 단계를 제안한다.

기존의 네트워크는 트래픽 종류 및 서비스에 따라서 서로 다른 네트워크를 구축하였으나, ATM은 다양한 서비스들을 통합하고 가상 사설망을 쉽게 구현할 수 있는 기능을 제공하기 때문에 통합 망 기술로서 발전할 수 있었다. 또한 IP 계층에서의 부족한 트래픽 엔지니어링 기능을 VC(Virtual Circuit)/VP(Virtual Path)를 이용하여 효과적으로 제공하는 장점을 지니므로 초기 광 백본망은 ATM 망을 이용하는 IP/GMPLS/ATM/

SONET over DWDM 방식을 제안한다. 그러나, ATM은 구현이 복잡하고 트래픽의 증가에 따른 오버헤드 과부하로 대역 사용 효율 측면에서 심각한 단점을 가지므로 대규모 백본망에는 적합하지 않다.

그러므로 인터넷에서의 실시간 서비스 수용이 점차 늘어나는 시점에서는 중단 없는 양질의 멀티미디어 서비스 제공을 위해 과도기 대안으로 ATM 계층을 제거한 IP/GMPLS/SONET over DWDM이 유용할 것으로 판단된다. 즉, SONET 전송 시스템은 ATM 계층의 오버헤드 기능을 효과적으로 제공하여 링크 사용률을 높이고 링크 또는 노드 손실에 빠르게 대처할 수 있는 복구성을 제공하는 장점을 지닌다. 더불어 전체 망의 개체들을 동기화 시킴으로써 견고성도 제공한다. 하지만 이런 능력도 GPS(Global Positioning System) 기술의 발전과 시간 결합에 대한 IP 기술들의 대처 능력 발전 및 SONET 계층을 생략시켜 효율성을 극대화하려는 IP/GMPLS over DWDM 기술 등의 발전에 따라 매력을 잃어가고 있다.

따라서 광 인터넷 망의 최종 목표인 IP를 직접 DWDM 계층으로 맵핑하는 연구가 급속도로 진행되고 있는 상황이며, IP 패킷을 DWDM으로 실어 나기 위한 프레임 방식이 필요하다. 현재까지 제안된 프레임 방식으로는 SONET, Gigabit Ethernet(GbE) 프레임 방식이 있다. 오늘날 대부분의 시스템은 SONET 방식을 근간으로 하고 있는데, 이는 시그널링 및 망 관리 정보가 헤더에 포함되어 있는 장점을 있으나 프레임 조립 및 분해 과정이 복잡성은 라우터의 효율과 성능을 저해하는 요인으로 작용한다. 다른 방식은 Gigabit Ethernet을 이용하는 것으로, 이 방식의 풍부한 가용 대역과 다양한 프로토콜은 지역망에 매우 적합하다. 물론 GbE는 블록 코딩 방식을 이용하기 때문에 SONET에 비해 효율이 떨어지지만, 이를 개선하기 위해 DWDM 시스템에 적합한 새로운 10GbE 표준을 정립중에 있으며 효율 높은 새로운 블록 코딩 방식의 채택을 통해 대역 사용 효율 개선이 가능할 것으로 보인다.

5.3 교환 기술에 따른 광 인터넷 망 진화 단계 제안

이 절에서는 제어/구현의 용이성과 자원의 활용성 및 트래픽 변화에 따른 망의 적응성 관점에서 교환 기술 측면에서 광 인터넷 망이 그림 11과 같이 단계적으로 발전되어가는 진화 단계 모델을 제시한다.

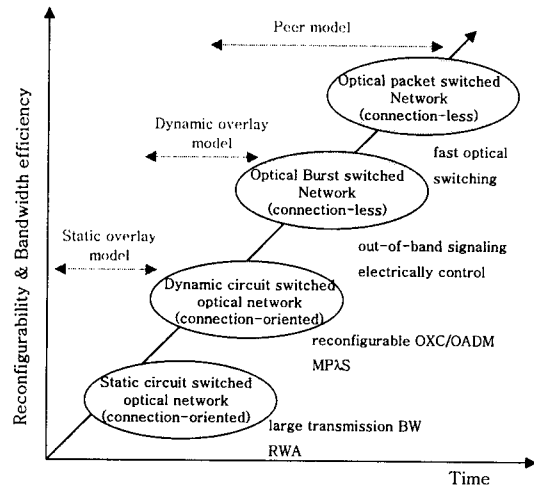


그림 11. 광 인터넷 교환 기술 진화단계

현재 광교환 기술로서 가장 구현이 용이한 형태는 광회선 교환망이지만 근본적으로 통계적 다중화를 제공하지 못하여 망 자원의 활용도가 떨어지기 때문에 궁극적으로는 광패킷 교환망 형태로 나아갈 것이다 [17]. 그러나 광패킷 교환망이 보편화되기까지는 E/O 소자 사이에 선결되어야 하는 문제점들로 인하여 오랜 시일이 소요 될 것으로 예상되며, 광회선 교환과 광패킷 교환 기술을 결합한 광버스트 교환 방식을 통하여 점진적으로 진화할 것이다.

따라서 이러한 광교환 기술들은 광 노드 구조 및 광 인터넷 제어 프로토콜에 많은 영향을 미치므로, 이들을 다음과 같이 단계적으로 분석해본다.

현재 가장 보편화된 광회선 교환망은 스위칭과 라우팅을 광적으로 처리하여 파장 단위로 광경로를 설정하는 방식으로 크게 정적 설정과 동적 설정 방식으로 볼 수 있다. 먼저 1단계로서 정적 설정 방식은 RWA 알고리즘을 이용하여 고정 파장을 할당함으로써 높은 전송 대역을 보장해주는 반면, 망의 효율성 측면에서는 바람직하지 못하다.

따라서 2단계는 이를 개선하기 위한 방안으로 MPLS 기술을 이용하여 지속적인 데이터 흐름에 대해 파장을 동적으로 할당하는 광회선 교환망으로 바뀌고 있다. 또한 이 시기에 액세스와 코어는 동적 구성 변환 능력을 가진 DWDM OXC나 OADM(Optical ADM)으로 구성된다. 그러나 여기서도 데이터 흐름의 식별, 상태 관리, 파장 할당 알고리즘 등 추가로 구현되어야 할 기능 또한 적지 않다. 따라서 자원 활용성이 가장 효율적인 광패킷 교환망이 요구되나, 이는 대규모의

광버퍼를 요구하므로 현재의 광메모리 기술로 구현하기에는 제약이 있다.

이러한 이유로 최근 광버스트 스위칭 기술이 제안되었고, 3단계 광 인터넷 망은 광버스트 교환망 중심으로 진화하여야 한다. 즉, 이 기술은 제어 패킷을 이용하여 각 노드에서의 버스트의 스위칭 시간을 예약하고 예정된 시간에 노드의 스위치를 동작되게 한다. 이 때 온라인 제어는 헤더 처리를 하지 않는 out-of-band 시그널링으로 수행되고 전자적인 제어신호를 이용하여 광신호의 스위칭을 관리함으로써, 패킷 버퍼링에 필요한 광메모리 사용을 배제하고 실질적으로 통합된 IP over WDM을 지원 할 수 있어 망 구축시의 효율성을 기대할 수 있다. 그러나 이 방식도 광버스트 전송시 노드들간에 정확한 타임 동기화 및 옵셋 타임의 크기에 대한 사전 결정이 요구되므로 구현이 아주 용이한 것은 아니다.

그러므로 최종적으로는 광 인터넷 망이 광패킷 교환망으로 진화할 것이며, 이 단계는 적은 대기시간으로 광헤더 처리가 가능하고 각각의 IP 라우터를 광패킷 스위치를 이용하여 가상 회선으로 상호 연결하여 빠른 스위칭을 제공함으로써 망 용량의 이용률과 망 구성의 융통성을 극대화시킬 수 있다. 그리고 현재 여러 표준화 기관에서도 위와 같은 교환 기술 발전에 기반해서 광 인터넷 망 모델을 추진하고 있다.

그 외에 그림 11에서 오버레이 모델과 피어 모델로 구분은 IP 망과 광 백본망의 제어 평면간 결합 방식에 따라 구분한다.

먼저 정적 오버레이 모델에서는 광경로 설정이 NMS(Network Management System)를 통해 이루어지므로 UNI(User Network Interface) 시그널링이 필요 없고, IP 계층과 광 계층간에 라우팅 정보 교환이 없는 ATM PVC(Permanent Virtual Circuit)와 유사하다. 그러나 이 모델은 확장성의 문제가 있기 때문에 점차적으로 동적 오버레이 모델로 진화될 것으로 보인다.

즉, 동적 오버레이 모델은 광 계층을 중심으로 IP 계층과 광 영역 상호간에 라우팅 정보가 전달되어 시그널링을 통해 광경로가 동적으로 설정되는 것이다. 비록 두 계층의 제어 평면이 독립적으로 동작하지만, 광 계층의 정보가 IP 계층에 캡슐화되기 때문에 확장성이 증대됨으로써 가까운 미래에 실현될 것으로 보인다.

마지막으로 피어 모델은 IP 계층과 광 계층을 망 관리 유지 차원에서 하나의 통합된 망으로 간주하는 개념으로, 제어 평면상에서 OXC는 다른 라우터와 동일하게 취급된다. 그러므로 UNI와 NNI(Network Network Interface)간에는 라우팅과 시그널링 측면에서 구분이 없고, IP 망과 광 백본망 사이에 동일한 트래픽 엔지니어링 프로토콜이 사용된다. 즉, IP/GMPLS 기술을 이용하여 IP 라우터가 직접 광경로를 선택할 수 있으므로 OTN(Optical Transport Network)을 위한 별도의 제어 프로토콜을 개발할 필요가 없는 장점을 지닌다. 그러나 이를 실현하기에는 두 계층간에 차이점이 엄연히 존재하므로 기존의 라우팅이나 엔지니어링 방식들이 공통적으로 사용 가능하도록 확장될 필요가 있다. 따라서 다양한 망들이 혼재되어 있는 현재 상황에서는 이러한 망의 통합이 단기간 내에는 실현되기 어려울 것으로 여겨지므로 지속적인 노력이 요구된다.

6. 결 론

기존의 인터넷은 증가하는 트래픽 수용, 멀티미디어 서비스에 대한 QoS 제공 등 많은 문제점을 야기하고 있다. 이런 문제점을 극복하기 위해 제안되는 차세대 인터넷은 고도화된 인터넷 기반 망의 구축, 운용 및 혁신적 서비스 제공에 필요한 핵심 기술을 제공해야 한다.

그러므로 광 인터넷은 광이 가지는 광대역성, 무간섭성, 병렬성 등의 특성을 이용하여 현재 인터넷의 문제점을 획기적으로 개선하여 차세대 인터넷을 구현하는 최적의 해결책이다.

그러나 DWDM 광 인터넷 백본망의 구축시 트래픽과 관련한 QoS 제공, 제어 프로토콜, 백본망 구축 단계 및 교환 기술에 따른 광 인터넷 망 구조 등 여러 측면에서 고려해야 할 사항들이 있다.

따라서 본 논문에서는 이와 같은 고려 사항 분석하고, 이를 바탕으로 DWDM 광 인터넷 망에서 차세대 인터넷을 위한 구현 방안을 제시하였다.

첫째, 광 인터넷의 QoS 서비스를 위해서는 IP 액세스 망은 차등화 서비스 모델, DWDM 백본망은 다양한 광 특성 파라미터에 따라 클래스로 분류하고, 종단간 QoS 보장을 위해 차등화 서비스 플로우와 광채널의 맵핑을 수행하는 서비스 모델을 제안하였다.

둘째, 차세대 인터넷 망의 제어 프로토콜은 DWDM망과 IP망을 포괄하여 제어할 수 있어야 하며, 이를 위하여 MPLS 시그널링을 확장한 GMPLS를 제안하였다.

셋째, 광 인터넷 백본망 구축 단계는 기존에 사용하고 있는 ATM망 기술과 GMPLS 제어 프로토콜을 이용한 IP/GMPLS/ATM/SONET over DWDM 형태에서 IP/GMPLS/SONET over DWDM을 거쳐 전광 전송 백본망인 IP/GMPLS over DWDM 형태로 진화하는 방안을 제안한다.

넷째, 광 인터넷 망에서 적용 가능한 교환 기술 방식의 장단점과 광소자 기술 전망을 고려하여, 광회선 교환망에서 광버스트 교환망을 지나 광패킷 교환망으로 발전하는 광 인터넷 망 구조의 진화 방안을 제시하였다.

논문에서 제안된 QoS 모델, GMPLS 제어 프로토콜, 백본망 구축과 교환 방식의 전개 방안은 향후 차세대 인터넷의 효과적인 백본망 구축을 위하여 적용시킬 수 있다.

참 고 문 헌

[1] S.U. Kim et al., Standards Activities for Optical Transport Networks in ITU-T", Optical Network Magazine Vol.2 No.2, Spring 2001.

[2] C.H.Yim, Current Internet: Problems and Solutions, OECC200, Chiba, Japan, July 10, 2000.

[3] 이종현 외, 광 인터넷 기술동향 및 진화 방안, ETRI 주간기술동향 1000호, 2001.

[4] J.Manchester et al., IP over SONET, IEEE Communications Mag. May 1998.

[5] F. Paul, H. Geoff, Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks, Wiley Computer Publishing, pp. 25-28, 1998.

[6] Y. Bernet et al., A Framework for Differentiated Services, Internet Draft, IETF, May 1998.

[7] 이영석 외, 차세대 인터넷 기술 개요, Telecommunication Review, 제10권 3호, pp 447-469, 2000.

[8] T. Chung et al., Architectural and Engineering

Issues for Building an Optical Internet, Draft, <http://www.canet2.net>, 1998.

[9] B. Mukherjee, Optical Communications Networks, Mcgraw-Hill, New York, 1997

[10] W. Leland et al., On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic, IEEE/ACM Trans. on Networking, Feb. 1994.

[11] R. Braden et al., Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview, RFC 1633, IETF, June 1994.

[12] S. Blake et al., An Architecture for Differentiated Services, RFC 2475, IETF, December 1998.

[13] IETE RFC 1889 RTP: A Transport Protocol for Real-Time Application, January 1996.

[14] IETE RFC 1890 RTCP: RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control, January 1996.

[15] P. Ashwood-Smith et. al, GMPLS Architecture, Internet Draft, IEFT, Jun. 2001.

[16] P. Ashwood-Smith et. al, Generalized MPLS-Signaling Functional Description, Internet Draft, IEFT, May 2001.

[17] 박진우 외, 차세대 광 네트워크 기술, 대한 전자 공학회, 제 18권 제 1호, pp 3-18, 2002.

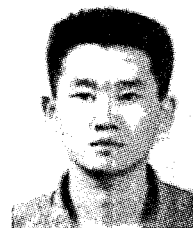


배 정 현

2002년 2월 부경대학교 정보통신 공학과 학사

2002년 3월 ~ 현재 부경대학교 정보통신공학과 석사과정

관심분야 : Optical Network, NGN, RWA, GMPLS



송 현 수

2002년 2월 부경대학교 정보통신 공학과 학사

2002년 3월 ~ 현재 부경대학교 정보통신공학과 석사과정

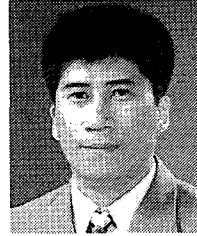
관심분야 : Optical Network, NGN, RWA, GMPLS



이 재 동

1986년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 학사
1991년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
1991년~1997년 삼성전자, 테이콤 근무
2003년 2월 부경대학교 정보통신공학과 박사

관심분야 : 광 생존성, RWA, GMPLS



김 성 운

1982년 경북대학교 공과대학 전자공학과 학사
1990년 프랑스 국립 파리 7 대학교 정보공학과 석사
1993년 프랑스 국립 파리 7 대학교 정보공학과 박사
1982년~1985년 한국 전자통신

연구소 연구원

1986년~1995년 한국통신 연구개발원 선임연구원 및 실장
1995년~현재 국립 부경대학교 정보통신공학과 부교수
2000년~2001년 미국 국립 표준기술연구소(NIST) 초빙연구원
관심분야 : Optical Network, NGN, RWA, GMPLS, 광 생존성, 프로토콜 엔지니어링

교신저자

이 재 동 617-701 부산시 사상구 주례2동 167번지 경남정보대학 인터넷응용계열 조교수